ChinaXiv合作期刊

doi:10.13866/j.azr.2019.06.13

新疆暖季短时强降水特征①

秦　贺[1,2]，　陈春艳[2]，　阿不力米提江·阿布力克木[2]，　李　娜[2]
（1. 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所，新疆 乌鲁木齐　830002；2. 新疆维吾尔自治区气象台，新疆 乌鲁木齐　830002）

摘　要： 基于新疆 105 个地面气象观测站 2005—2015 年 5—9 月逐时降水观测资料，分析短时强降水的时空分布特征和降水贡献率。结果表明：新疆暖季短时强降水频次分布，具有北疆多于南疆，山脉坡面多于谷地和沙漠的特点，但短时强降水的降水贡献率南疆反而高于北疆。短时强降水高频区位置由春到秋的季节性南北推移与太阳辐射和副热带锋区的南北推移密切相关；北疆和南疆短时强降水频次的月、旬分布均呈单峰形，但两者变化形态却有所不同，前者迅速增强、迅速减弱，后者迅速增强、缓慢减弱。全疆平均短时强降水频次的日内变化有 3 个峰值，主峰在午后（18:00—19:00），次峰在前半夜（22:00）和清晨（08:00），北疆与之相同，南疆 3 个峰值时间和强度均与之存在显著差异。

关键词： 暖季；短时强降水；时空分布；降水贡献率；新疆

chinaXiv:201911.00056v1

短时强降水是指短时间内降水强度较大，降水量达到或超过某一量值的天气过程，是强对流天气的一类，此类天气多是在有利的大尺度环境条件下由中小尺度天气系统直接产生，具有雨强大、突发性强、持续时间短、局地性强等特点，极易导致城市内涝、山洪、泥石流等灾害。有研究表明，短时强降水的分布与暴雨的分布关系密切[1]。新疆属干旱半干旱的大陆性气候，虽然年平均降水量不到全国平均值的 1/4，但其降水分布具有显著的时空不均匀性[2]，且由于生态环境脆弱，强降水造成的洪水、泥石流成为了一大主要灾害，对新疆经济建设、人民生命财产安全构成了极大威胁。短时强降水的预报、预警一直是气象工作的重点和难点，近年来西北地区西部夏半年极端降水事件发生率明显增加，尤其是在中天山及其南北麓地区[3]，但目前新疆降水研究还存在对基本事实了解不充分、不系统、不深入等问题[4]，尚无新疆短时强降水分布的系统性成果。因此，开展新疆短时强降水分布特征的研究具有非常迫切和重要的意义。

随着气象部门自动气象观测站的逐步建设，2005 年起新疆自动气象观测站已基本覆盖从沙漠到绿洲、从盆地到高山的大部分区域。基于新疆长时间累积雨量特征分析的已有成果[5-8]，高时空分辨率的监测资料逐步被应用于新疆降水特征的研究。通过分析新疆不同区域降雨日变化特征，有学者发现不同量级、不同持续时间、不同区域的降雨过程易发时段均存在明显差异[9-12]，李博渊等[13]还发现，阿勒泰地区暖季降水总量及日数空间分布总体上与海拔、纬度呈正相关。基于短时强降水过程或典型天气个例分析[14-19]，新疆短时强降水事件的环流背景、中尺度天气系统特征、环境场特征等也取得了初步成果，上述研究为广大学者认识新疆降雨特征提供了基本参考。然而，目前关于短时强降水分布的研究主要集中在我国中东部地区[20-23]，利用小时降水量资料开展新疆暖季降雨研究的工作刚刚起步，以整个新疆区域的短时强降水事件为对象开展时空分布及演变特征的研究少有报道。

本文将在前人工作的基础上，利用 2005—2015 年 5—9 月新疆 105 个地面气象观测站逐小时降水资料，对暖季（5—9 月）短时强降水事件的时空分布、降水贡献率等特征进行分析，为新疆短时强降水研究的深入开展及气象预报预警、防灾减灾提供基本参考。

1　资料和方法

本文使用的降雨量资料为新疆气象信息中心提供的 2005—2015 年 5—9 月经过质量控制的新疆

①　**收稿日期：** 2019-01-15；　**修订日期：** 2019-03-21
基金项目： 中国沙漠气象科学研究基金（SQJ2015002）；新疆气象科研课题（ZD201904）；国家自然基金项目（41865004）资助
作者简介： 秦贺（1983-），女，高级工程师，从事新疆灾害性强对流天气研究. E-mail: qinhemail@126.com
通讯作者： 陈春艳. E-mail: chency357@sina.com

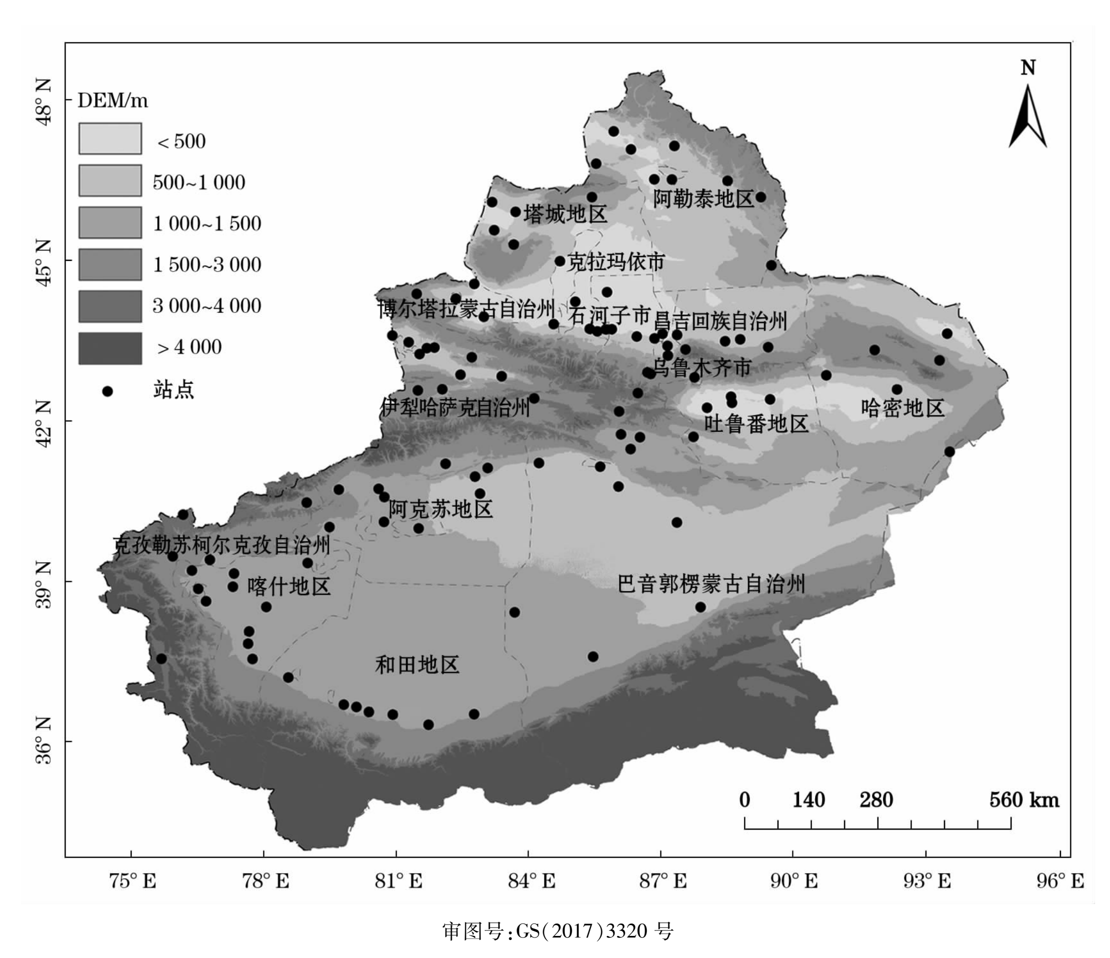
ChinaXiv合作期刊

105 个地面气象观测站的小时降雨量数据。其中,天山及其以北(北疆)57 站,天山以南(南疆)48 站。首先,定义:①某小时降水量为该时刻前 60 min 的累积降水量;②日降水量为前一日 20:00 至当日 20:00 的累积降水量;③日降水量≥0.1 mm 的日数为雨日;④短时强降水的贡献率[2,10,21]为某站点某一时段内短时强降水的降水量占该站同时段总降水量的百分比。

在确定短时强降水事件的阈值时使用传统排序法,将统计时段内小时降水量≥0.1 mm 的样本按升序排列,得到 $x_1, x_2, x_3, \cdots, x_n$,则百分位数为:

$$x = \{1 - [p(n+1) - j]\} x_j + [p(n+1) - j] x_{j+1} \quad (1)$$
$$j = [p(n+1)]$$

式中:x 为百分位数;p 为百分位值对应的概率;n 为样本总数;j 为按升序排列的降水量样本的序号,数值取整数;x_j 为按升序排列的第 j 个降水量样本;x_{j+1} 为按升序排列的第 $j+1$ 个降水量样本。



审图号:GS(2017)3320 号

图 1　新疆 105 个地面自动气象观测站分布

Fig. 1　Spatial distribution of the 105 meteorological stations in Xinjiang

2　短时强降水和短时强降水日的定义

新疆地处亚欧大陆腹地,是典型的大陆性干旱气候,全疆年平均降水量只有 146 mm,不足全国平均值的 1/4,其降水气候特征与我国中东部季风区存在显著差异[24-25],从气候态特征和影响成灾的角度来看,中央气象台根据全国平均小时降水气候特征制定的小时降水量≥20 mm 的短时强降水标准与新疆不相适宜[6]。中央气象台制定的短时强降水标准与 Zhang 等[26]给出的中国东部暖季极端小时降水标准相同,其年平均分布的地理特征与暴雨和卫星观测的年闪电密度分布[27]具有较好的一致性。以上结果从气候分布的角度表明短时强降水是具有一定极端性的降水事件,且与闪电活动密切相关。

在考虑短时强降水事件极端性的同时结合新疆实际,取新疆 105 个观测站降水量≥0.1 mm · h^{-1}的样本中 95% 百分位值作为短时强降水事件的阈

chinaXiv:201911.00056v1

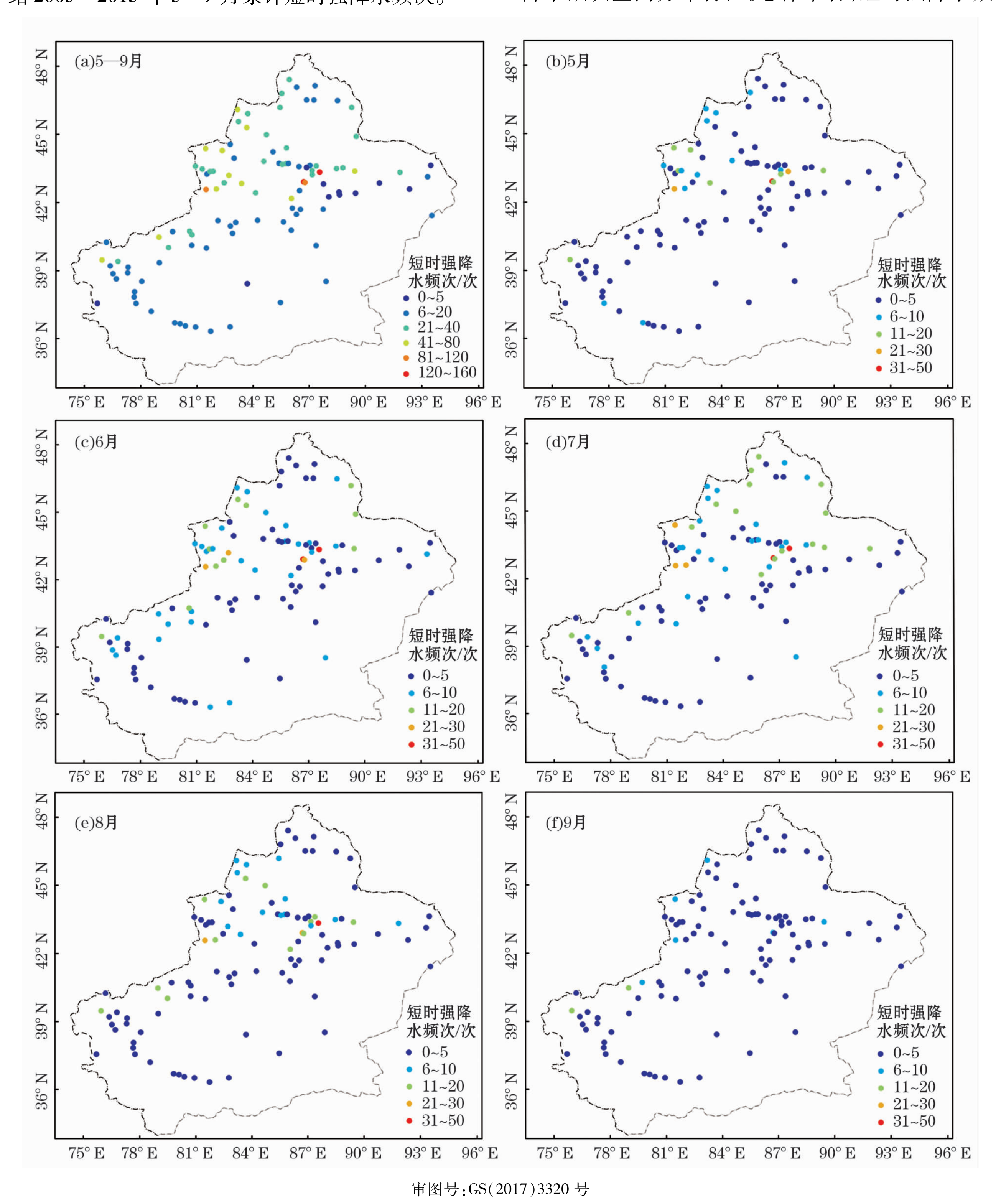
ChinaXiv合作期刊

值,即 1 h 降水量≥5.1 mm 为新疆短时强降水阈值。定义前一日 20:00 至当日 20:00 出现一次或以上小时降水量≥5.1 mm 事件,则当日记为一个短时强降水日。根据以上定义,统计了新疆 105 个观测站 2005—2015 年 5—9 月累计短时强降水频次。

3 短时强降水频次时空分布

3.1 空间分布特征

图 2 给出了新疆 2005—2015 年 5—9 月短时强降水频次空间分布特征。总体来看,短时强降水频



审图号:GS(2017)3320 号

图 2 2005—2015 年暖季累计短时强降水频次空间分布

Fig. 2 SDHR cumulated frequencies in warm season during the period of 2005 – 2015

chinaXiv:201911.00056v1

ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:201911.00056v1

次的分布与新疆5—9月年平均降水量分布有较好的一致性,具有北疆多于南疆,山脉坡面多于谷地和沙漠的特点。从5—9月累计短时强降水频次分布(图2a)可见,伊犁州、塔城地区、阿勒泰地区西部及东部山区、博尔塔拉蒙古自治州(简称"博州")的温泉至昌吉州木垒一线的天山北坡、哈密市北部及西天山南坡沿山一带为短时强降水活跃区,其中发生频次最多的为天池站,达156次,其次为小渠子、昭苏、牧试站,分别为137次、114次、82次。这与钱勇等[28]人利用2013—2016年闪电监测定位系统(ADTD)获取的新疆闪电活动空间分布具有较好的一致性,表明新疆≥5.1 mm·h^{-1}的短时强降水分布与闪电活动密切相关。从短时强降水频次分布的逐月演变来看,上述4站均为高频活动区,而这4个站点的海拔都接近2 000 m的高度。进而分析2005—2015年不同海拔高度区间的站点平均短时强降水频次发现(表1),海拔1 500~2 500 m站点平均短时强降水的频次最多,超过60次,其次是海拔500~1 500 m的区域,而2 500 m以上站点的平均短时强降水频次最少,不足10次。短时强降水在水平和垂直空间上的这种多活跃中心和不均衡分布特征与不同区域的地势分布密切相关,已有研究也表明新疆降水分布受海拔高度和地形影响明显[2, 13],但受局地小气候或大气环流影响,不同区域之间海拔对降水的影响仍存在差异,北疆大部地区和南疆海拔1 200 m以下的站点年平均降水量随海拔升高而增加的趋势尤为显著[5-6]。

表1　2005—2015年不同海拔高度区间的站点平均短时强降水频次

Tab.1　Average SDHR frequency at different altitude ranges during the period of 2005－2015

海拔高度/m	站点数量/个	累计频次/次	平均频次/次
>2 500	3	27	9.0
1 500~2 500	12	764	63.7
500~1 500	73	1 534	21.0
≤500	17	222	13.1

夏季(6—8月)是新疆主要的降雨季,也是对流天气的活跃季,新疆夏季强降水量的多少基本决定了夏季和年降水量的变化[4]。对2005—2015年新疆夏季和整个暖季短时强降水频次分布进行逐年对比,发现夏季短时强降水分布与整个暖季的分布极为相似,且多数站点暖季短时强降水频次的年变化与夏季变化呈明显的正相关,这也表明夏季短时强降水频次的分布变化对暖季短时强降水频次分布具有决定作用。

从各月短时强降水的空间分布来看,北疆短时强降水事件主要集中在5—8月,相对而言,南疆则均匀一些,总的来说南疆短时强降水事件明显少于北疆。5月,副热带锋区北抬,西天山北侧的对流层中层西南气流相当活跃,新疆偏西地区冷暖空气活动频繁,易发生对流性降水[7,24],短时强降水高频区主要在伊犁州、博州、天山中段的山区及北坡(图2b)。另外,随着太阳辐射的逐渐增强,南疆地区白天气温上升明显,昼夜温差增大,午后对流开始增多,昆仑山北坡的喀什地区南部、和田地区和巴音郭楞蒙古自治州(简称"巴州")南部地区短时强降水事件也逐渐增多。6月副热带西风急流北跳至40°N附近,并在整个夏季稳定控制新疆,7月急流北上至天山北坡附近,8月又南撤至天山南坡一带[24]。从短时强降水高频区的变化可见(图2c、2d、2e),6月全疆短时强降水整体增多,尤其是在伊犁州、中天山的山区、西天山的山区及南坡、昆仑山北坡地区;7月北疆北部地区的短时强降水事件显著增多并达到峰值,而在天山及南北两侧的39°~44°N区域内,短时强降水频次略有减少;8月起,全疆短时强降水逐渐减少,但随时间推移在35°~43°N范围内自北向南有部分站点短时强降水频次却有所增加,尤其是在35°~39°N范围内,9月平均短时强降水频次比8月还要多。由此可见,新疆短时强降水高频区位置由春到秋的季节性南北推移与太阳辐射和副热带锋区的南北推移密切相关。

3.2　月和旬的分布特征

从图3可见,新疆短时强降水频次的月分布为单峰形,但由于天山南北两侧气候存在明显差异,北疆和南疆短时强降水事件的高发期及月、旬变化均有所差异。

月变化显示,北疆地区短时强降水事件自5—6月迅速增加,7月继续增加,达到峰值后减少,9月迅速减少,整体呈迅速增强、迅速减弱的特点;而南疆自5—6月迅速增多,达到峰值,7—9月逐渐减少,整体为迅速增加、缓慢减少的变化趋势。由上可知,新疆短时强降水事件多发期北疆较为集中,南疆比较分散。

从站点平均短时强降水频次的旬变化来看,北疆5月下旬至6月上旬基本维持在1.8次左右,6

ChinaXiv合作期刊

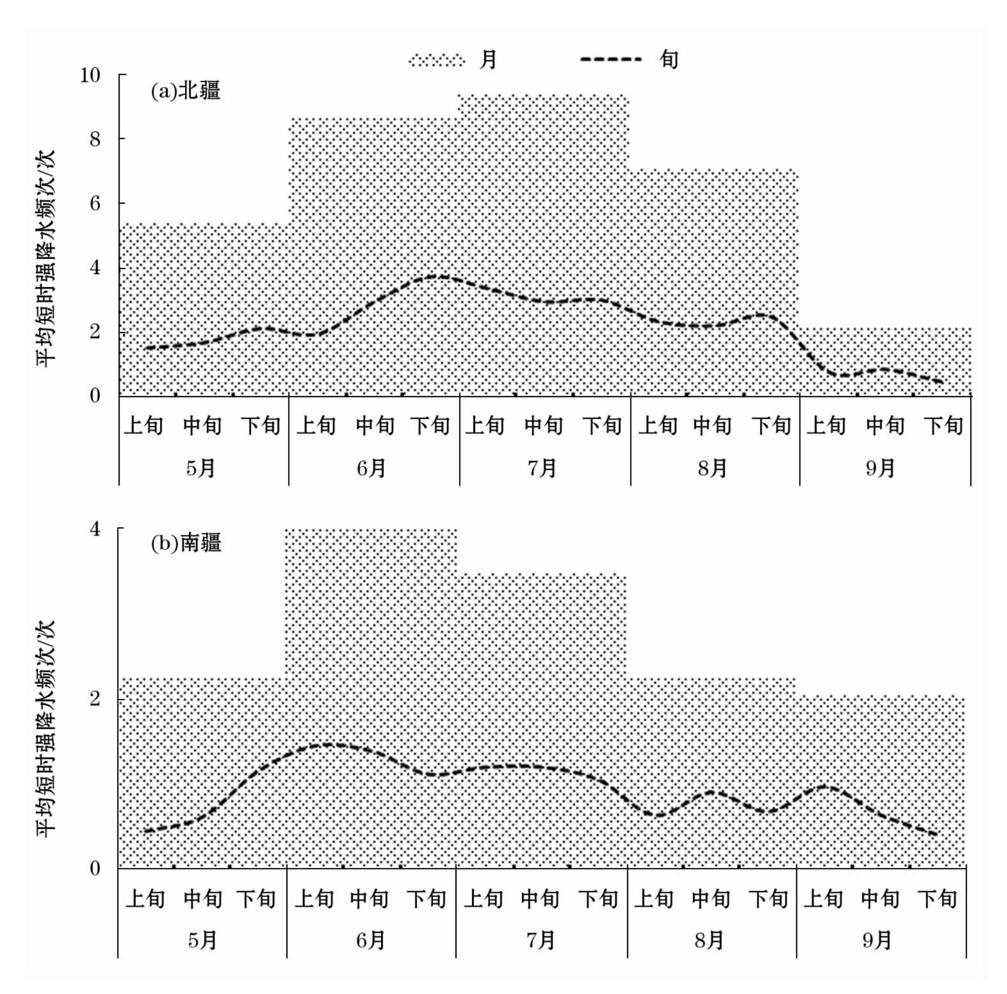


图 3　站点平均短时强降水频次变化

Fig. 3　Variations of SDHR average frequencies

月中旬至 7 月下旬显著增多至 3.3 次左右，并保持这种高频状态，其中 6 月下旬短时强降水事件最为活跃，达 3.8 次，8 月上旬至下旬减少并维持在 2.4 次左右，9 月上旬迅速减少至不足 1 次，并呈持续减少趋势；南疆地区在 5 月上旬至中旬维持在 0.5 次左右的较低水平，5 月下旬迅速增多且呈高频状态，一直维持至 7 月下旬，平均为 1.2 次左右，8 月上旬至 9 月下旬呈波动减少的趋势，维持在 1 次以下。可见，新疆短时强降水事件具有在某一特定时期增强（减弱），并在之后一段时间内保持这一态势，具有一定的间歇性和阶段性发展特征，这与副热带锋区阶段性而非连续性推进和撤退的活动特点密切相关。春季副热带锋区位于高原上空且北进、南退频繁，夏季北跳至天山山区一带稳定维持，秋季再次南退至高原上空[7,24-25]。另外，南疆短时强降水事件最活跃期出现在 6 月上旬，比北疆活跃期出现的更早；最不活跃期，虽然南、北疆均在 9 月，不同的是，9 月上旬北疆短时强降水频次急剧减少至显著低于 8 月和 5 月的水平，而南疆则逐渐减少至与 8 月和 5 月基本相当的水平，这再次显示了副热带锋区活动特征对新疆短时强降水分布的影响。

图 4a 为 2005—2015 年新疆各月短时强降水频次的年变化。大多数年份的短时强降水频次为 7 月最多、6 月次之，这与前文分析的多年平均分布结果一致，但也存在较为异常的年份，如 2009 年 9 月短时强降水频次与 6 月同为最多，7 月反而与 5 月接近，为当年次少月；2005 年和 2011 年为 8 月最多，2015 年则为 6 月最多、8 月次之。分析累积短时强降水频次逐年变化发现（图略），新疆短时强降水事件具有增多的趋势，但在这一趋势下仍存在着异常偏多或异常偏少的年份，如 2013 年和 2015 年较多年平均偏多 30% 以上，2006 年、2008 年、2009 年较多年平均偏少 30% 以上。有研究表明，异常气候事件将导致全球大气环流分布的异常，并直接或间接影响气温、降水等气象要素的分布，徐洁等[8]指出，新疆大部地区汛期降水与厄尔尼诺事件显著相关，

chinaXiv:201911.00056v1

ChinaXiv合作期刊

且不同分布型、不同强度的厄尔尼诺事件对降水的影响有所不同。短时强降水的产生需要具备有利的大尺度环境条件,新疆短时强降水频次异常偏多的2013年恰逢拉尼娜事件次年,异常偏少的2006年、2009年恰逢厄尔尼诺事件发生当年,由此推测,厄尔尼诺/拉尼娜事件与新疆短时强降水分布之间存在一定的相关关系。

3.3　日内分布特征

已有研究表明[5],降水和对流活动都具有显著的日变化特征。从不同月份新疆暖季短时强降水频次日内变化可见(图4b),新疆短时强降水多发时段为午后至前半夜及清晨,这与新疆降雨主要发生在21:00至次日9:00相似[9]。短时强降水平均频次的日内分布为3峰结构,15:00(北京时,下同)后迅速增多,主峰出现在傍晚(18:00—19:00),次峰为前半夜(22:00),而后逐渐减少,清晨(08:00)又出现第3峰,但频次明显低于傍晚和前半夜。图5显示,北疆地区短时强降水频次日内变化趋势及峰值

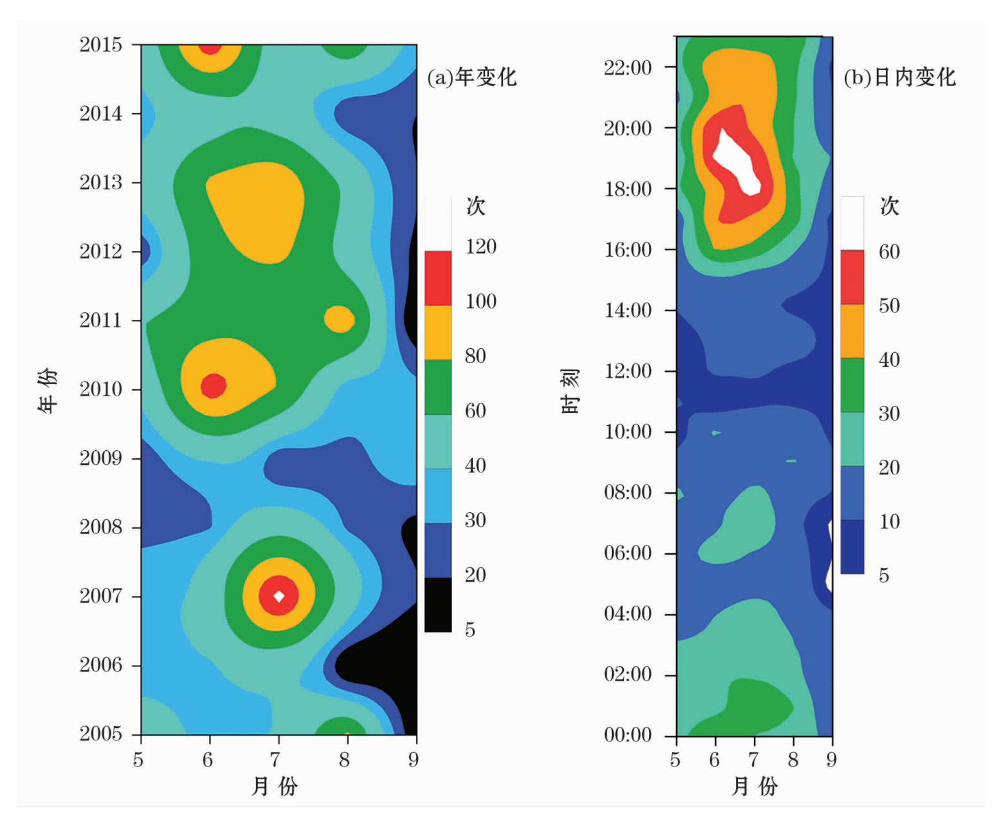


图4　逐月短时强降水频次的年和日内变化

Fig. 4　Annual and daily variations of monthly SDHR frequencies

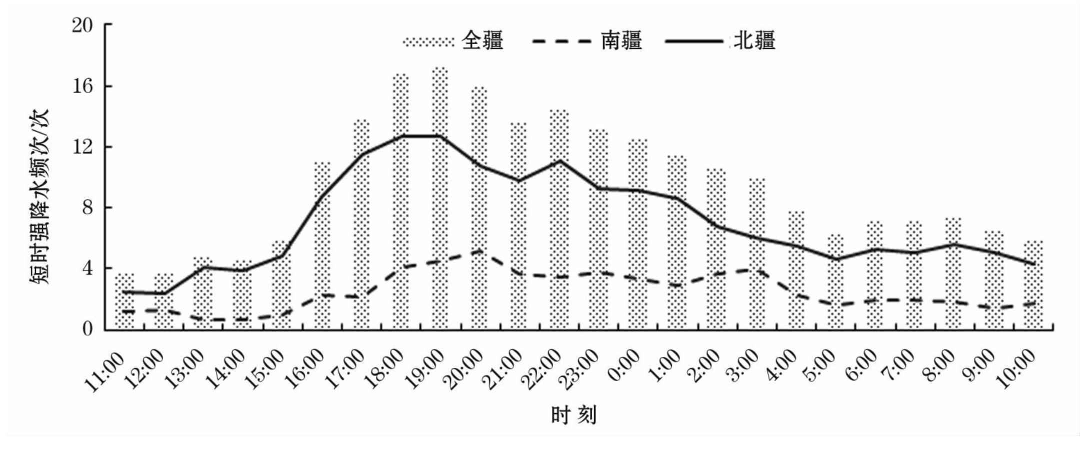


图5　年平均短时强降水频次日内变化

Fig. 5　Daily variation of SDHR annual mean frequencies

chinaXiv:201911.00056v1

ChinaXiv合作期刊

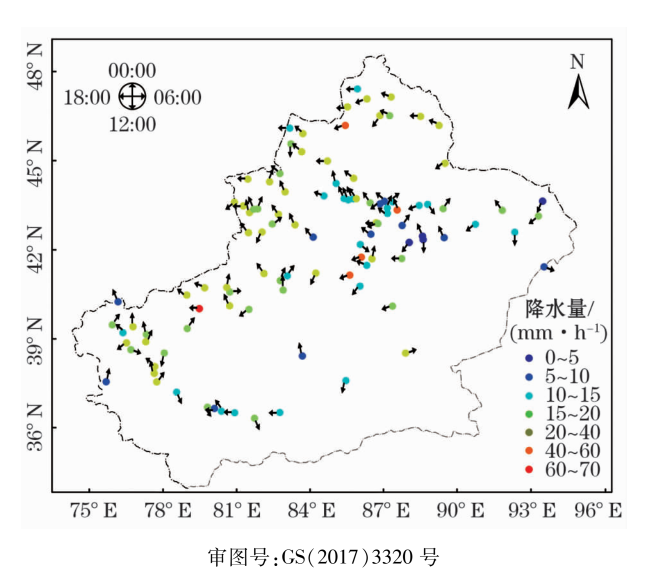
chinaXiv:201911.00056v1

时段与全疆平均基本相同，这主要是因为北疆短时强降水频次明显多于南疆，所以其分布基本决定了全疆短时强降水总体分布。而南疆短时强降水频次的日内分布虽然也为3峰结构，但与北疆地区存在显著差异，一是3个峰值出现时间与之不同，分别出现在20:00、23:00和03:00，其二是峰值强度弱、不足北疆的1/3，且3个峰值频次非常接近。

4 短时强降水极值时空分布特征

从2005—2015年暖季1 h最大降水量分布来看（图6），新疆西部、北部地区及巴州北部和东部地区的最大1 h降水量在15 mm以上，其中天山以南的阿克苏地区柯坪站2009年8月19日18:00出现67.2 mm·h^{-1}的小时降水极值、巴州和静站53.2 mm·h^{-1}位居第二，昌吉州天池站53.0 mm·h^{-1}、塔城地区和布克赛尔站52.1 mm·h^{-1}的小时降雨量则分列第三、第四位。而在吐鲁番市的托克逊站、东坎站、吐鲁番站和哈密市的淖毛湖站最大1 h降雨量不足5 mm。由此可见，新疆天山以南虽然年平均降雨量和短时强降水的频次不及天山以北地区，但其极端降水的强度却不亚于北疆地区，甚至更强。

进一步分析新疆1 h最大降水出现的时间，发现不同区域小时降水极大值出现时间存在明显差异，但大多数发生在午后至前半夜，其中60%的站点1 h降水极大值出现在16:00—23:00之间，尤其是在天山以北的北疆区域，80%以上的站点1 h降水极大值出现在这一时段。但在天山以南的区域，1 h降水极大值出现在午后至前半夜（14:00至次日02:00）的站点数量与出现在其余时段的站点数量相当，且没有明显的区域分布规律，这也反映出天山以南的区域极端强对流天气发生时段的不确定性比天山以北更复杂[9]。



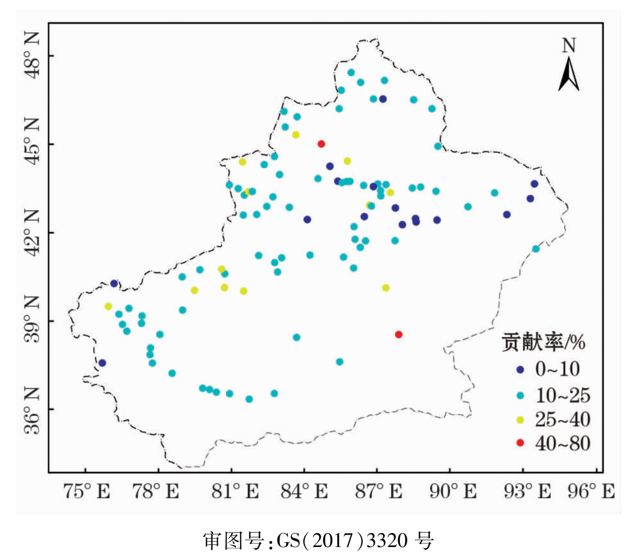
审图号：GS(2017)3320号

图6 2005—2015年暖季最大1 h降水量（圆点）及其出现时间（箭矢）

Fig. 6 Precipitation (dotted) and occurrence time (arrowed) of maximum hourly rainfall in warm season during the period of 2005 – 2015

5 短时强降水的贡献率

从5—9月的平均状况来看（图7），新疆短时强降水的贡献率空间分布与发生频次的空间分布显著不同。首先，全疆71.4%的站点短时强降水的贡献率为10.0% ~25.0%，且天山及以北地区贡献率低于10.0%的站点数与天山以南相当，这与发生频次（图2a）呈现北多南少的分布显著不同。其次，南疆短时强降水的贡献率平均而言比北疆更高（图8），且贡献率相对较高的站点并非都是降水量多、短时强降水频次高的区域，雨日多、降水量大、强降水频发的区域其短时强降水的贡献率反而处于中等水平，这也反映出降水量和短时强降水频次均不高的南疆地区，其降水的对流性并不亚于北疆。分析原因，其一是部分贡献率较高的站点处于海拔高度适中的山脉迎风坡面，低涡、锋面过境时，系统性上升运动叠加地形抬升、辐合，更有利于对流系统的发展增强；其二是部分站点独特的地理地貌特征（如绿



审图号：GS(2017)3320号

图7 2005—2015年新疆暖季短时强降水的贡献率分布

Fig. 7 Contribution ratios of SDHR in warm season during the period of 2005 – 2015

ChinaXiv合作期刊

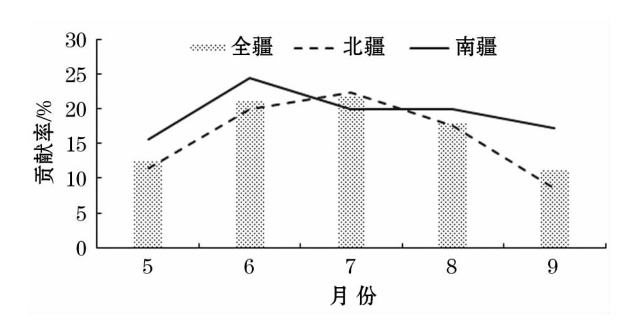


图 8　短时强降水的贡献率月变化

Fig. 8　Monthly variation of SDHR contribution ratios

洲与荒漠过渡带、高山与谷地之间),在日间太阳短波辐射加热和夜间地球放出长波辐射冷却的共同作用下,易导致局地环流及对流触发系统的发展,促成对流天气的发生[20-21]。最后,逐站分析 5—9 月累积短时强降水的贡献率发现,天山南北各有一个贡献率超过 40.0% 的大值中心,天山以北的克拉玛依站降水的贡献率为 51.7%,天山以南的若羌站为 46.0%,这 2 站 5—9 月的平均降水量均明显少于全疆平均值,说明干旱区暖季短时强降水量对当地降水多寡具有重要作用。

从 5—9 月短时强降水的贡献率月变化来看(图 8),其变化趋势与短时强降水频次呈单峰形变化相一致,不同的是短时强降水频次为北疆多于南疆,而短时强降水的贡献率则是南疆普遍高于北疆,尤其是在 9 月,南疆贡献率达到了北疆的 2 倍之多。整个暖季中,北疆短时强降水频次最多的是 7 月,其短时强降水的贡献率略高于南疆。以上结果进一步映证了新疆天山以南干旱区的降水具有更加显著的对流性。

6　结论与讨论

本文基于 2005—2015 年 5—9 月新疆 105 个地面气象观测站逐时降水资料,系统分析了新疆暖季短时强降水的时空分布和降水贡献率特征,得出以下结论:

(1) 新疆暖季短时强降水频次分布与闪电活动分布和 5—9 月年平均降水量分布基本一致,在水平和垂直空间上具有不均匀分布的特征。一是北疆多于南疆,山脉坡面多于谷地和沙漠;二是短时强降水频次与海拔高度明显相关,从平原到山区随海拔上升频次有所增加,到达最大频次后随海拔高度上升频次又显著下降。

(2) 夏季(6—8 月)是新疆短时强降水事件的高发期,这一时段短时强降水频次的分布变化对整个暖季短时强降水频次分布具有重要的作用。短时强降水高频区位置由春到秋的季节性南北推移与太阳辐射和副热带锋区的南北推移密切相关。

(3) 新疆短时强降水频次的月和旬分布总体为单峰形,但北疆和南疆短时强降水的鼎盛期及月、旬变化均有所差异,北疆迅速增强、迅速减弱,而南疆则是迅速增强、缓慢减弱。另外,新疆短时强降水事件具有一定的间歇性和阶段性发展特征。

(4) 新疆短时强降水事件多发时段为午后至前半夜及清晨,全疆平均频次的日内分布为 3 峰结构,主峰出现在傍晚 18:00—19:00,次峰为前半夜 22:00,清晨 08:00 出现第 3 峰,但频次明显低于傍晚和前半夜,北疆地区与之相同,南疆虽为 3 峰结构,但峰值时间和强度与之均存在显著差异。

(5) 新疆大多数站点短时强降水的贡献率为 10.0% ~25.0%。整体而言,南疆短时强降水的贡献率比北疆更高,反映出天山以南干旱区的降水对流性质更加显著,干旱区暖季短时强降水量对当地降水多寡具有决定作用。

新疆短时强降水事件的分布及变化与副热带锋区的南北推移和地理地貌分布密切相关,同时又受异常气候事件影响显著,副热带锋区的位置和强度如何影响其发生发展、由地理地貌差异引发的浅薄局地环流如何与较大尺度环流相互作用,从而影响其水平和垂直分布、短时强降水事件对异常气候事件的响应方式和非对流降水相同与否[6,8-9],这些问题均有待研究。另外,虽然大多数站点短时强降水多发于午后至前半夜及清晨,但仍有地域和时间差异,这种差异是否与独特地理地貌特征下中尺度对流系统的日变化差异有关,也有待进一步研究。

参考文献(References):

〔1〕 Brooks H E,Stensrud David J. Climatology of heavy rain events in the United States from hourly precipitation observation〔J〕. Monthly Weather Review,2000,128(4):1 194 -1 201.

〔2〕 杜雅菡,周顺武,亨巴提,等. 1965—2015 年新疆夏季不同等级降水的空间分布特征〔J〕. 冰川冻土,2018,40(6):1 231 -1 241.〔Du Yahan,Zhou Shunwu,Heng Bati,et al. Spatial distribution of summer graded precipitation in Xinjiang during 1965 - 2015〔J〕. Journal of Glaciology and Geocryology,2018,40(6):1 231 -1 241.〕

〔3〕 栾晨,宋敏红,蔡英,等. 西北区西部夏半年强降水分布与变化

chinaXiv:201911.00056v1

ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:201911.00056v1

特征〔J〕. 高原气象,2012,31(3):629 - 637.〔Luan Chen,Song Minhong,Cai Ying,et al. Distribution and change feature of intense precipitation in the west part of Northwestern China during summer half years〔J〕. Plateau Meteorology,2012,31(3):629 - 637.〕

〔4〕 杨莲梅,李霞,张广兴. 新疆夏季强降水研究若干进展及问题〔J〕. 气候与环境研究,2011,16(2):188 - 198.〔Yang Lianmei,Li Xia,Zhang Guangxing. Some advances and problems in the study of heavy rain in Xinjiang〔J〕. Climatic and Environmental Research,2011,16(2):188 - 198.〕

〔5〕 谢培,顾艳玲,张玉虎,等. 1961—2015 年新疆降水及干旱特征分析〔J〕. 干旱区地理,2017,40(2):332 - 339.〔Xie Pei,Gu Yanling,Zhang Yuhu,et al. Precipitation and drought characteristics in Xinjiang during 1961 - 2015〔J〕. Arid Land Geography,2017,40(2):332 - 339.〕

〔6〕 苏宏超,沈永平,韩萍,等. 新疆降水特征及其对水资源和生态环境的影响〔J〕. 冰川冻土,2007,29(3):343 - 350.〔Su Hongchao,Shen Yongping,Han Ping,et al. Precipitation and its impact on water resources and ecological environment in Xinjiang region〔J〕. Journal of Glaciology and Geocryology,2007,29(3):343 - 350.〕

〔7〕 张家宝. 新疆降水概论〔M〕. 北京:气象出版社,1987.〔Zhang Jiabao. Introduction to Precipitation in Xinjiang〔M〕. Beijing:China Meteorological Press,1987.〕

〔8〕 徐洁,王舒,肖高翔. 不同分型厄尔尼诺事件对新疆汛期降水的影响〔J〕. 沙漠与绿洲气象,2016,10(3):53 - 58.〔Xu Jie,Wang Shu,Xiao Gaoxiang. El Nino events of different types and their impact on the flood season precipitation in Xinjiang〔J〕. Desert and Oasis Meteorology,2016,10(3):53 - 58.〕

〔9〕 陈春艳,赵克明,阿不力米提江·阿布力克木,等. 暖湿背景下新疆逐时降水变化特征研究〔J〕. 干旱区地理,2015,38(4):692 - 702.〔Chen Chunyan,Zhao Keming,Ablimitijan Ablikim,et al. Temporal and spatial distributions of hourly rain intensity under the warm background in Xinjiang〔J〕. Arid Land Geography,2015,38(4):692 - 702.〕

〔10〕 唐冶,陈春艳,赵克明. 伊宁市 1991—2011 年降雨特征分析〔J〕. 沙漠与绿洲气象,2014,8(6):41 - 46.〔Tang Ye,Chen Chunyan,Zhao Keming. Rainfall variation during 1991 - 2011 in Yining〔J〕. Desert and Oasis Meteorology,2014,8(6):41 - 46.〕

〔11〕 赵克明,古丽格娜·海力力,美丽巴奴·艾则孜,等. 喀什市降水的日变化特征分析〔J〕. 沙漠与绿洲气象,2016,10(2):31 - 35.〔Zhao Keming,Gulgina Helil,Mihribanur Azizl,et al. Characteristic analysis on the diurnal variation of precipitation in Kashgar〔J〕. Desert and Oasis Meteorology,2016,10(2):31 - 35.〕

〔12〕 王世杰,杨莲梅,史玉光. 乌鲁木齐 1991—2010 年降雨特征分析〔J〕. 中国沙漠,2012,32(2):509 - 516.〔Wang Shijie,Yang Lianmei,Shi Yuguang. Rainfall variation during 1991 - 2010 in Urumqi〔J〕. Journal of Desert Research,2012,32(2):509 - 516.〕

〔13〕 李博渊,马宏君,庄晓翠,等. 2010—2016 年新疆阿勒泰地区暖季降水日变化特征〔J〕. 干旱气象,2017,35(5):797 - 805.〔Li Boyuan,Ma Hongjun,Zhuang Xiaocui,et al. Characteristics of diurnal variation of warm season precipitation in Altai Xinjiang in 2010 - 2016〔J〕. Journal of Arid Meteorology,2017,35(5):797 - 805.〕

〔14〕 曾勇,杨莲梅. 中亚低涡背景下新疆连续短时强降水特征分析〔J〕. 沙漠与绿洲气象,2016,10(4):67 - 72.〔Zeng Yong,Yang Lianmei. Characteristics of persistent short-time heavy rainfall causing by Central Asian vortex in Xinjiang〔J〕. Desert and Oasis Meteorology,2016,10(4):67 - 72.〕

〔15〕 毛列尼·阿依提看,杨莲梅,张云惠,等. 近 10 a 中亚低涡背景下新疆短时强降水环境场分析〔J〕. 干旱区地理,2018,41(2):273 - 281.〔Maulen Ayitken,Yang Lianmei,Zhang Yunhui,et al. Characteristic analysis of environment of short-time heavy rainfall under the background of the Central Asian vortex in Xinjiang in recent ten years〔J〕. Arid Land Geography,2018,41(2):273 - 281.〕

〔16〕 毛列尼·阿依提看,玉素甫·木沙,郭品文. 近 10 a 新疆短时强降水湿度层结及大气能量结构特征分析〔J〕. 沙漠与绿洲气象,2017,11(2):43 - 49.〔Maulen Ayitken,Yusuf Musa,Guo Pinwen. Humidity and unstable stratification characteristic of short-time heavy rainfall in Xinjiang in recent ten years〔J〕. Desert and Oasis Meteorology,2017,11(2):43 - 49.〕

〔17〕 庄晓翠,赵江伟,李健丽,等. 新疆阿勒泰地区短时强降水流型及环境参数特征〔J〕. 高原气象,2018,37(3):675 - 685.〔Zhuang Xiaocui,Zhao Jiangwei,Li Jianli,et al. Characteristics of short-time heavy precipitation weather flow and environmental parameter of Altai region in Xinjiang〔J〕. Plateau Meteorology,2018,37(3):675 - 685.〕

〔18〕 杨霞,李云,赵逸舟,等. 新疆一次深秋局地短时大暴雨的成因分析〔J〕. 高原气象,2014,33(1):162 - 170.〔Yang Xia,Li Yun,Zhao Yizhou,et al. Analysis of a brief torrential rain event in autumn in Xinjiang〔J〕. Plateau Meteorology,2014,33(1):162 - 170.〕

〔19〕 赵战成. 库尔勒一次强对流大暴雨天气特征分析〔J〕. 干旱区地理,2016,39(5):1 070 - 1 077.〔Zhao Zhancheng. Characteristics of a strong convective weather and heavy rainstorm in Korla City,Xinjiang〔J〕. Arid Land Geography,2016,39(5):1 070 - 1 077.〕

〔20〕 陈炯,郑永光,张小玲,等. 中国暖季短时强降水分布和日变化特征及其与中尺度对流系统日变化关系分析〔J〕. 气象学报,2013,71(3):367 - 382.〔Chen Jiong,Zheng Yongguang,Zhang Xiaoling,et al. Analysis of the climatological distribution and diurnal variations of the short-duration heavy rain and its relation with diurnal variations of the MCSs over China during the warm season〔J〕. Acta Meteorologica Sinica,2013,71(3):367 - 382.〕

〔21〕 张之贤. 陇东南地区短时强降水时空分布特征及短时临近预报技术研究〔D〕. 兰州:兰州大学,2013.〔Zhang Zhixian. Research on the Character and the Short-term Weather Forecast of Short-duration Heavy Precipitation in the Southeast Gansu〔D〕. Lanzhou:Lanzhou University,2013.〕

〔22〕 何晗,谌芸,肖天贵,等. 冷涡背景下短时强降水的统计分析

ChinaXiv合作期刊

〔J〕. 气象,2015,41(12):1 466 －1 476.〔He Han, Shen Yun, Xiao Tiangui, et al. Statistical analysis of severe short-time precipitation under cold vortex background〔J〕. Meteorological Monthly, 2015,41(12):1 466 －1 476.〕

〔23〕 韩宁,苗春生. 近6 年陕甘宁三省5—9 月短时强降水统计特征〔J〕. 应用气象学报,2012,23(6):691 －701.〔Han Ning, Miao Chunsheng. Statistical characteristics of short-time precipitation in Shan-Gan-Ning region from May to September in recent 6 years〔J〕. Journal of Applied Meteorological Science, 2012, 23(6):691 －701.〕

〔24〕 张家宝. 新疆短期天气预报指导手册〔M〕. 乌鲁木齐:新疆人民出版社,1986.〔Zhang Jiabao. Xinjiang Weather Forecast Guidance Manual〔M〕. Urumqi:Xinjiang People's Publishing House, 1986.〕

〔25〕 张学文,张家宝. 新疆气象手册〔M〕. 北京:气象出版社,2006.〔Zhang Xuewen, Zhang Jiabao. Xinjiang Meteorological Manual〔M〕. Beijing:China Meteorological Press,2006.〕

〔26〕 Zhang Huan, Zhai Panmao. Temporal and spatial characteristics of extreme hourly precipitation over Eastern China in the warm season〔J〕. Advances in Atmospheric Sciences, 2011, 25(5):1 177 －1 183.

〔27〕 马明,陶善昌,祝宝友,等. 卫星观测的中国及周边地区闪电密度的气候分布〔J〕. 中国科学 D 辑,2004,34(4):298 －306.〔Ma Ming, Tao Shanchang, Zhu Baoyou, et al. The climate distributions of lightning intensity come from satellite in and around China〔J〕. Science in China Series D, 2004, 34(4):298 －306.〕

〔28〕 钱勇,谭侨,焦阳,等. 2013—2016 年新疆地区闪电活动时空特征分析〔J〕. 成都信息工程大学学报,2018,33(1):62 －67.〔Qian Yong, Tan Qiao, Jiao Yang, et al. Analysis on the spatio-temporal distribution features of lightning activity in Xinjiang Province during 2013 －2016〔J〕. Journal of Chengdu University of Information Technology, 2018, 33(1):62 －67.〕

chinaXiv:201911.00056v1

Characteristics of Short-duration Heavy Rainfall in Warm Season in Xinjiang

QIN He[1,2], CHEN Chun-yan[2], Ablimitijan Ablikim[2], LI Na[2]

(1. *Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration, Urumqi* 830002, *Xinjiang, China*;
2. *Xinjiang Meteorological Observatory, Urumqi* 830002, *Xinjiang, China*)

Abstract: Based on the hourly precipitation data from the 105 meteorological stations in Xinjiang from May to September during the period of 2005 －2015, the spatiotemporal characteristics of precipitation and the contribution rates of short-duration heavy rainfall (hereinafter referred to as SDHR) in Xinjiang were investigated. The results indicated that the frequency of SDHR in north Xinjiang was higher than that in south Xinjiang and higher on mountain slope than that in valleys and deserts. However, the contribution rate of SDHR in south Xinjiang was higher than that in north Xinjiang. The seasonal north-south shift of high frequency zone of SDHR was closely related to the north-south passage of solar radiation and subtropical zone from spring to autumn. The curves of monthly and ten-day average frequencies of SDHR in north Xinjiang and south Xinjiang were unimodal, but their variation was different. The monthly frequency of SDHR was increased at first and then decreased rapidly, while the ten-day one was increase rapidly but decreased slowly. There were 3 peak values of the daily variation of SDHR average frequency, the highest value occurred at 18:00 －19:00 BT, the second and third ones at 22:00 BT and 08:00 BT respectively Compared with the whole Xinjiang and north Xinjiang, the occurring time and intensity of the three peak values were significantly different from those in south Xinjiang.

Key words: warm season; short-duration heavy rainfall; spatiotemporal distribution; precipitation contribution rate; Xinjiang